

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE GENÉTICA

ALEXANDRE LA LUNA

A IMPORTÂNCIA DO ENSINO DE GENÉTICA PARA O MUNDO ATUAL

VOTORANTIM

2011

ALEXANDRE LA LUNA

A IMPORTÂNCIA DO ENSINO DE GENÉTICA PARA O MUNDO ATUAL

Monografia apresentada à Universidade Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Genética.

Orientadora: Prof^a Dra Marta Margarete Cestari.

VOTORANTIM

2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Alexandre La Luna

A IMPORTÂNCIA DO ENSINO DE GENÉTICA PARA O MUNDO ATUAL.

Monografia aprovada em ____/____/____ para obtenção do título de Especialista em Genética.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Marta Margarete Cestari

Profa. Dra. Lupe Furtado Alle

Prof. Dr. Ricardo Lehtonen Rodrigues de Souza

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos tutores e professores que nos auxiliaram tão prontamente durante todo o período de realização do curso.

Aos colegas cursistas que encararam este desafio da formação pela EaD.

Aos familiares e amigos que sempre estiveram me apoiando nesta jornada de estudos.

À Professora Dra Marta Margarete Cestari pela orientação na realização deste trabalho.

RESUMO

Nos últimos anos, as pesquisas na área de ciências e, em especial da genética, vêm avançando de forma vertiginosa, com o surgimento de novos termos para designar tais avanços. Este progresso nem sempre é acompanhado pelos cidadãos que acabam recebendo informações equivocadas pela mídia ou que são mal interpretadas por falta de conhecimentos científicos básicos. Com isso, surge a necessidade da alfabetização científica da população, a ser iniciada na escola. Esta tarefa pode ser promovida pelo professor ao receber e analisar temas trazidos pelos alunos cuja origem pode ter sido a mídia, por exemplo. São temas como clonagem, uso de células tronco, transgênicos, dentre outros que podem servir de base para o início de uma aprendizagem significativa acerca de termos da genética. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo elaborar uma revisão da literatura sobre a importância do ensino de genética no ensino médio para o mundo atual.

Palavras-chave: escola, ciência, ensino, genética.

ABSTRACT

In recent years, research in science and especially genetics, have been advancing so vertiginous with the appearance of new terms for such advances. This progress is not always accompanied by the citizens who eventually receive misinformation by the media or are misinterpreted due to lack of basic scientific knowledge. With that comes the need to promote scientific literacy of the population, to be initiated by the school. This task can be promoted by the teacher to pick up knowledge brought by students regarding the issues presented by the media for example. These are issues such as cloning, stem cell research, transgenic, and others that can serve as a basis for the beginning of a significant learning about terms of genetics. Thus, this study aims to develop a literature review on the importance of teaching genetics in the high school for the world today.

Key-words: school, science, teaching, genetics.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. PANORAMA DO ENSINO DE CIÊNCIA NA ATUALIDADE.....	10
3. A IMPORTÂNCIA DO ENSINO DA GENÉTICA.....	12
4. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.....	14
5. O ENSINO/APRENDIZAGEM DA GENÉTICA NO ENSINO MÉDIO.....	15
6. TEMAS ATUAIS PARA O ENSINO DE GENÉTICA.....	19
6.1. O Projeto Genoma Humano	19
6.2. Organismos Transgênicos.....	20
6.3. Clonagem	21
6.4. Células tronco	22
6.5. Terapia Gênica	23
6.6. Questões éticas e sociais.....	24
7. A LINGUAGEM DA CIÊNCIA	26
8. DESAFIOS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS	28
9. O ALUNO COMO AGENTE DO CONHECIMENTO.....	31
10. PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS	33
CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1. INTRODUÇÃO

Nestes primórdios do século XXI temos contemplado os resultados do crescente desenvolvimento científico e tecnológico ocorrido ao longo dos tempos em que a ciência se tem feito presente, disponibilizando uma torrente de informações e ocasionando mudanças na forma de viver e compreender o mundo. À medida que este processo se intensifica, a importância da educação científica se torna cada vez mais discutida na sociedade contemporânea. Diante deste fato, a escola continua destacada como o referencial ímpar na apropriação de conhecimentos científicos e na formação da consciência crítico-reflexiva dos sujeitos ante os desafios advindos dos avanços da ciência e da tecnologia.

É por meio dela, que as relações sócio-tecnológicas-culturais poderão se configurar. Podemos dizer que a escola deveria ser um espaço sócio-cognitivocultural, numa sociedade pautada no favorecimento de oportunidades significativas para todos seus educandos (MANECHINE; CALDEIRA, 2005).

Sob esta consigna depreende-se que a universalização da educação não ocorrerá apenas com expansão das redes de ensino, mas, sobretudo, pelo estabelecimento de medidas que assegurem a efetivação do papel da escola de garantir o acesso ao conhecimento sistematizado (PEDRANCINI, 2008). Conhecimento esse que será importante para o real cumprimento do papel da educação – formar um indivíduo crítico e apto a ingressar no mundo do trabalho.

No que diz respeito ao cidadão crítico, este deve ter conhecimento sobre temas atuais referentes à ciência e, especialmente, à genética para poder se posicionar diante de questões trazidas tão intensamente pela mídia de modo geral. São temas relacionados às células-tronco, clonagem, organismos geneticamente modificados, genoma, terapia gênica, dentre tantos outros com os quais no deparamos frequentemente.

Desse modo, direcionando nosso objeto de estudo ao campo do ensino de genética, podemos afirmar que, de acordo com os PCN's (2001) as competências do ensino de biologia impõem também um desafio - organizar o conhecimento a partir de situações de aprendizagem que façam sentido para o aluno, que lhe permitam angariar um instrumental para agir em distintos contextos e, principalmente, em situações do cotidiano.

Nesse sentido, as ações precisam ocorrer de modo a reverter o que se tem visto na maneira tradicional de ensinar Biologia como conhecimento descontextualizado, autônomo de vivências, de referências a práticas reais, e assentar essa ciência como “meio” para ampliar a compreensão sobre a realidade, recurso no qual os fenômenos biológicos podem ser apreendidos e decodificados, instrumento para nortear decisões e intervenções e promover a alfabetização científica.

O desenvolvimento deste trabalho teve como embasamento o levantamento de revisão bibliográfica, o qual se selecionou, previamente, as obras consideradas relevantes para a compreensão do tema.

Assim, o trabalho está estruturado de maneira que apresenta os principais aspectos envolvidos no ensino de genética. Apresenta-se um panorama do ensino de ciência na atualidade, os principais temas da genética a serem discutidos, a importância de se ensinar genética e os desafios para tal, a alfabetização científica, o aluno como agente do conhecimento, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino de biologia e, finalmente, as considerações finais sobre tema.

2. PANORAMA DO ENSINO DE CIÊNCIA NA ATUALIDADE

Nas últimas décadas, o processo de ensino e aprendizagem vem sendo objeto de diversos estudos de âmbito nacional e internacional e, seus resultados e reflexões, têm contribuído para a melhoria do ensino de maneira geral e, em especial das ciências naturais.

Muitas dessas pesquisas investigaram a formação de conceitos entre estudantes dos vários níveis de ensino nas áreas de Física, Química e Biologia (BASTOS, 1992; CABALLER; GIMÉNEZ, 1993; GIORDAN; VECCHI, 1996; SILVEIRA, 2003; PEDRANCINI et al.; 2007); outras voltaram-se para o desenvolvimento de metodologias, enfocando as interações verbais em sala de aula (DE LONGUI, 2000; LORENCINI JR, 1995; MELO; LIRA; TEIXEIRA, 2005; MIRANDA, 2007; MORTIMER; AGUIAR, 2005). Além dessas, outras que mostraram as atividades lúdicas e modelos pedagógicos como recursos para os processos de ensino e aprendizagem (JUSTINA, 2001) e a inclusão da História da Ciência nos vários níveis de ensino das disciplinas científicas (BASTOS, 1992; CARNEIRO; GASTAL, 2005; GASPARIN, 2003; GEBARA, 2005; GIORDAN; VECCHI, 1996).

Os resultados dessas pesquisas possivelmente ajudaram o Brasil a elevar seu índice no relatório Programme for International Student Assessment (PISA) 2009, realizado pela Organização para o Desenvolvimento e Cooperação Económico (OECD) onde o país ocupa a posição de número 53 em ciências de um total de 63 nações avaliadas.

O ranking ocupado pelo Brasil demonstra o tamanho da problemática do ensino de ciências dentre nossa rede de ensino. Porém, os últimos números demonstram uma evolução e, quando se trata de educação, uma significativa melhora somente será vista a longo prazo. E para isso, é preciso investir em pesquisa sobre o ensino de ciências, pensando na questão da formação do professor, das metodologias e didáticas e da psicogênese pelo aluno.

MORTIMER e AGUIAR (2005) realizaram pesquisas de campo por meio das quais puderam analisar os vários tipos de discursos que podem ser efetuados em uma sala de aula. Essas pesquisas permitiram aos autores observarem que as interações verbais entre professor-aluno e aluno-aluno são essenciais para os processos de ensino e aprendizagem, apesar de envolverem um grande grau de complexidade.

O trabalho de LORENCINI (1995), semelhantemente, vem destacar a importância do discurso verbal, das situações-problema e, principalmente, dos questionamentos desencadeados pelo professor na sala de aula na elaboração e desenvolvimento conceitual dos estudantes.

Nas palavras de LORENCINI (1995), os alunos precisam de oportunidades para discutir não só com o professor, mas também entre eles próprios, expondo seus pensamentos, seus pontos de vista, suas tentativas de análise. Cabe ao professor proporcionar aos alunos tais oportunidades de tomar decisões, examinar e agir de acordo com suas decisões. Entretanto, para este autor, dentre as várias modalidades de interações verbais que podem ser efetuadas em uma sala de aula, a utilização de perguntas é um dos mais eficazes recursos pedagógicos. Por meio desse recurso, o professor poderá acompanhar o processo mental dos estudantes, suas dificuldades e superações, bem como, possibilitar o equilíbrio da relação professor-aluno e uma maior interação entre os sujeitos da pesquisa e uma participação mais ativa dos estudantes nas aulas e atividades propostas.

Ao dar continuidade aos estudos de LORENCINI, a pesquisa realizada por MELO; LIRA; TEIXEIRA (2005) também trazem soluções e reflexões para a prática pedagógica organizada e desenvolvida com base em perguntas, principalmente. Como enfatizaram esses autores... “[...] a função central das perguntas elaboradas pelo professor é nortear os alunos para o aprendizado de conteúdos conceituais, através do uso de perguntas estimuladoras ou incentivadoras, e reforçadoras, verificadoras ou esclarecedoras”.

Dessa maneira, fica evidente a importância do papel dialógico do professor em permitir várias formas de comunicação com os alunos buscando os conhecimentos prévios destes.

É possível trazer à tona, por exemplo, questões atuais dentro do contexto de cada grupo de alunos. No caso da biologia, em particular, assuntos como alimentação saudável, formas de prevenção de doenças, fenômenos climáticos e ambientais, sexualidade, dentre outros, são sempre de interesse comum pelos alunos e podem ser utilizados pelo professor como forma de interligação entre o conhecimento de senso comum e a apresentação do conhecimento científico.

3. A IMPORTÂNCIA DO ENSINO DA GENÉTICA

Hoje em dia ao nos depararmos com veículos de comunicação, como a TV, jornais, revistas, dentre outros, muito provavelmente ouviremos notícias relacionadas aos temas da biologia. Temas estes que tratarão da epidemia de obesidade no mundo tecnológico, desastres causados pelos fenômenos naturais, surgimento de surtos de infecções causadas cepas modificadas de bactérias ou vírus, etc.

Diante desses fenômenos relacionados à biologia e tão presentes no mundo em que vivemos, é muito comum que o professor de biologia seja procurado pelos alunos para esclarecer certas questões mal explicadas ou simplesmente mal interpretadas por se valer de uma linguagem por demais técnica.

Dessa maneira, estes temas passam a estar presentes na sala de aula com certa frequência e cabe ao professor saber utilizar da busca pelos conhecimentos prévios que são trazidos pelos alunos e promover o ensino significativo de conceitos tão importantes para o entendimento da genética, por exemplo.

Assuntos tão em destaque atualmente no ramo da Genética e da Biologia Molecular estão sendo colocados como os temas do futuro para a solução da maior parte dos problemas mundiais. Transgenia uso de células-tronco embrionárias, mapeamento e seqüenciamento de genes, clonagem, dentre outros, são exemplos do avanço das pesquisas no campo da genética.

Estes avanços vêm contribuindo significativamente em áreas necessárias à sobrevivência humana, como a produção de alimentos, controle de patógenos e pragas na agricultura, otimização de diagnóstico e medidas terapêuticas de doenças, produção de medicamentos, hormônios e vacinas (BORÉM; SANTOS, 2001).

Por outro lado, o avanço da ciência e da biotecnologia tem afetado a vida das pessoas, gerando muitas discussões sobre seus impactos e implicações de ordem religiosa, ética, política, social e filosófica. Devemos ou não produzir organismos transgênicos? A utilização de plantas transgênicas pode originar o aparecimento de superpragas ou o aprimoramento da técnica pode garantir que no futuro não falem alimentos para a imensa população humana? Os homens têm direito de brincar de Deus por meio da técnica de clonagem? Têm o direito de decidir quando a vida se inicia? A clonagem e a utilização de células-tronco na terapia vêm prometendo

várias vantagens na área da saúde, porém, quem serão os beneficiados com o desenvolvimento destas tecnologias? Até que ponto é vantajoso o desenvolvimento e a utilização do exame de DNA ou exames genéticos? Muitos criminosos estão sendo descobertos e presos por meio da medicina forense, baseada em testes de DNA. Não obstante, aplicações de outra ordem nos assustam: seguradoras ou agências de emprego poderão exigir exames de DNA para verificar a predisposição a doenças genéticas (PEDRANCINI, 2008)?

Nesse contexto, cabe aqui indagar: será que a população se encontra preparada para participar dos debates e discussões envolvendo tais temas? Segundo LEITE (2000), a população, em geral, encontra-se cientificamente despreparada para participar, de modo crítico e democrático, em debates sobre os avanços biotecnológicos. O autor complementa que [...] é mínima a condição do público brasileiro participar, de maneira informada e democrática, de um debate como o dos alimentos transgênicos, ou das implicações da pesquisa genômica [...] esse estado de coisas cria uma obrigação para todos os autores do processo, fornecer informação compreensível, qualificada e contextualizada sobre as biotecnologias, da engenharia genética à transgenia, da genômica à eugenia.

Esta assertiva ressalta o momento paradoxal em que vivemos: de um lado, a ciência e a tecnologia têm apresentado um desenvolvimento singular; de outro lado, o analfabetismo científico se consolida entre a população, comportando-se como uma barreira à compreensão dos atuais avanços biotecnológicos.

Para resolver tal questão devemos lembrar a função da escola que segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (nº 9394/96) deve-se “desenvolver os estudantes de forma plena considerando para tanto, aspectos da cidadania, da dignidade, do direito à informação, do acesso aos bens culturais produzidos pela humanidade, da socialização e do atendimento dos alunos visando a sobrevivência e o desenvolvimento da sua identidade”.

Assim, para que tenhamos cidadãos capazes de discutir questões éticas e morais sobre temas da genética, precisamos oferecer o ensino destes temas de forma adequada nas escolas e assim, promover a esperada alfabetização científica.

4. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Pesquisas na área da educação trouxeram novos conceitos para designar o indivíduo capaz de ler e escrever uma mensagem simples. É o caso do letramento, do inglês *literacy*, que significa aquele que é versado em letras.

A partir daí o termo passou a ser empregado para outras áreas do saber, que não só a leitura e escrita. É o caso do letramento e/ou alfabetização matemática, tecnológica e também no caso específico da capacidade de entender a ciência – o letramento ou alfabetização científica.

Alfabetização científica é a denominação atribuída a um novo discurso sobre o ensino de ciências decorrente de investigações emergentes no campo da Didática das Ciências (CAJAS, 2001). Ela sugere a conversão da educação científica para parte de uma educação básica geral a todos os estudantes (CACHAPUZ et al, 2005).

Essa necessidade surgiu num contexto no qual o Ensino de Ciências era dogmático, centrado em verdades, baseado na transmissão-recepção de resultados, conceitos e doutrinas pouco contextualizadas e voltado para a formação de cientistas (FOUREZ et al., 1997). Inúmeros estudos sobre concepções alternativas (DRIVER et al., 1999) e sobre a percepção pública da Ciência (JENKINS, 1999) evidenciavam os baixos índices de aprendizagem e interesse das pessoas pelas áreas das Ciências, propiciados por esse tipo de ensino.

Para GIL-PÉREZ e VILCHES (2006), disseram que “a alfabetização científica é necessária para i) tornar a Ciência acessível aos cidadãos em geral; ii) reorientar o Ensino de Ciências também para os futuros cientistas; iii) modificar concepções errôneas da Ciência frequentemente aceitas e difundidas; e iv) tornar possível a aprendizagem significativa de conceitos”.

Assim, diante de tantos termos trazidos, muitas vezes erroneamente, pela mídia, a alfabetização científica é colocada como uma linha emergente na didática das ciências, que comporta um conhecimento dos fazeres cotidianos da ciência, da linguagem científica e da decodificação das crenças aderidas a ela (AGUILAR, 1999). Dessa maneira, seria possível trazer o conhecimento científico para próximo do aluno e lhes dar condição de amanhã, como cidadão crítico, participar de um plebiscito pra decidir sobre a legalidade do aborto, por exemplo.

5. O ENSINO/APRENDIZAGEM DE GENÉTICA NO ENSINO MÉDIO

O ensino de genética, segundo o trabalho proposto por LEITE (2004), vem ocorrendo a partir de uma postura fragmentada, sem relação com a história e linear, na apresentação dos conceitos aos estudantes, que apesar de demonstrarem interesse por temas ligados à genética humana, apresentam pouca compreensão sobre os mesmos. Esta falta de compreensão de conteúdos é atribuída à centralização do uso do livro didático e a análise de livros feita pela mesma autora constata a existência de inúmeros problemas, tais como: ênfase em termos, conceitos e definições, fragmentação de conteúdos e pouca referência à história do desenvolvimento do conhecimento científico.

A análise de exercícios de Genética feita por AYUSO *et al.* (1996) revela que os livros didáticos trazem problemas com soluções únicas, referem-se a exemplos de seres vivos desconhecidos pelos alunos, com características difíceis de serem imaginadas, o que possivelmente desestimularia a aprendizagem.

As pesquisas sobre o ensino de genética, realizadas, na década de 90, citadas por LEITE (2004) envolveram principalmente investigações sobre concepções alternativas e resolução de problemas, sendo mais recentes as voltadas para a aprendizagem significativa.

A revisão bibliográfica, em didática da Genética, realizada por BUGALLO (1995) aponta como dificuldades para o ensino o uso de uma terminologia superficial e ambígua encontrada nos livros e textos usados de forma equivocada. Há falta de esclarecimento e relações específicas sobre os conceitos de gene, alelo, zigoto, gameta dentre outros, que além de proporcionarem uma fragmentação no aprendizado, geram uma série de concepções alternativas sobre o tema.

Segundo CID e NELSON (2005), as dificuldades dos alunos com a linguagem da genética são, em particular, recorrentemente referidas e atribuídas ao fato de ser a genética uma área caracterizada por um vasto e complexo vocabulário, onde os alunos mostram muitas vezes dificuldades em compreender e diferenciar os conceitos envolvidos, como é o caso dos associados a termos como alelo, gene ou homólogo. As próprias expressões matemáticas usadas neste contexto são, muitas vezes, alvo de confusões com os alunos, até por que os símbolos respectivos nem sempre são usados consistentemente por professores e autores de livros didáticos.

Quanto às atividades de resolução dos problemas de Genética referida na revisão de literatura de BUGALLO (1995), apesar de os alunos resolverem os problemas com êxito, não são capazes de desenvolver a relação do algoritmo de resolução com o contexto genético. Este problema pode ser atribuído há não compreensão significativa dos conceitos de Genética.

Um número significativo de pesquisas mostra que nem mesmo alguns dos conceitos mais básicos da Genética, como, relação gene/cromossomo e a finalidade dos processos de mitose e meiose, são compreendidos pelos estudantes no final dos anos de escolaridade obrigatória (SCHED; FERRARI, 2006).

Alguns dos problemas encontrados por SCHED e FERRARI (2006) referem-se à vinculação da idéia de ciência como verdade inquestionável. Esta concepção de ciência desestimula os estudantes e impõem racionalidade técnica que faz com que os professores se sintam detentores de verdades definitivas que deverão ser transmitidas para os alunos.

A abordagem referenciada por LEITE (2004) para o ensino de Genética levamos a refletir sobre a importância de uma educação problematizadora, ao desenvolvimento do pensamento crítico sobre os avanços da ciência e da tecnologia, pois rompe com a vinculação tecnocrática e ufanista empregada na divulgação do desenvolvimento científico nos livros didáticos e pela mídia.

Para os Parâmetros Curriculares do Ensino Médio (BRASIL, 1999) não é mais possível ensinar Biologia numa perspectiva acumulativa, sem contexto histórico e dissociável da tecnologia como está presente em alguns livros didáticos. É preciso, segundo este documento, que o aprendiz compreenda de forma crítica o avanço da ciência e esteja capacitado a participar como agente da história.

Há grande destaque nos PCNS (1999) e em trabalhos de diversos autores (LEITE, 2004, SCHED; FERRARI, 2006) para o ensino dos avanços da genética, referindo-se que esse aprendizado deve abordar temas como: a descrição do material genético em sua estrutura e composição, a explicação do processo da síntese protéica, a relação entre o conjunto protéico e a estrutura de dupla hélice.

Segundo os PCNS, (1999) não é possível tratar, no Ensino Médio, de todo o conhecimento biológico ou de todo o conhecimento tecnológico a ele associado. O mais importante é tratar esses conhecimentos de forma contextualizada, revelando como e por que foram produzidos e em que época ocorreram. Para esta proposta de ensino é necessária a atualização constante do professor sobre a evolução da

Biologia, do pensamento científico, estratégias, teorias de aprendizagem e material didático adequado.

A análise dos conteúdos da Biologia moderna e a Genética, nos livros didáticos de Biologia feita por XAVIER et al., 2006, referem que os livros didáticos precisam de reformulação, atualização, ampliação de conteúdos, lançamento de textos mais contextualizados, reestruturação de capítulos promovendo novas formas de inserir os temas modernos. Destaca-se que os temas da nova Biologia possam ser inseridos e abordados de forma adequada para solidificar o aprendizado. A ampliação de temas importantes, como células tronco, Projeto Genoma, paternidade por DNA, entre outros, será necessário. É notável observar que, em se tratando de DNA, hoje as novas tecnologias já traçam definitivamente novas relações na Biologia. Podendo perceber que o estudo evolutivo faz-se com presença de marcadores de DNA, do surgimento de novos saberes e da reformulação de equívocos para a ciência atual.

Não é possível ignorar a importância de uma base conceitual para o ensino de Genética, mas não podemos oferecer para o aluno processos de ensino aprendizagem que privilegiem a construção de um arcabouço de conhecimentos fora da sua realidade, fragmentado, matéria apenas importante para exames escolares e restritos aos muros internos à escola.

CID e NETO (2005) estabeleceram as seguintes orientações para o ensino de Genética:

- “Diagnóstico das idéias prévias dos alunos e utilização de esquemas para a resolução de problemas que explicitem os mecanismos de resolução e a sua relação com conceitos.”
- “Apresentação dos princípios e dos conceitos da genética de forma a serem óbvias as relações entre os conceitos, nomeadamente entre as estruturas básicas – célula, núcleo, cromossomo, gene, DNA.”
- “Explicitação da relação entre os processos – mitose – meiose e fecundação – os ciclos da vida e continuidade da informação genética”.
- “Abordagem dos conceitos do simples para o complexo: à medida que os alunos vão dominando os conteúdos, a sua formulação deve tornar-se mais complexa, apresentando problema divergentes, proporcionando a formulação de hipóteses alternativas.”

- “Iniciação dos problemas com situações simples e de interesse para os alunos, promovendo coleta de dados.”
- “Apresentação de problemas destinados a que os alunos aprendam o algoritmo (exercício), mas também problemas autênticos que impliquem, entre outras tarefas, analisar dados, emitir hipóteses explicativas ou interpretar resultados.”
- “Clarificação da passagem do macronível para o micronível, de tal forma que os alunos sejam capazes de ver os conceitos como parte de uma todo”.

Nesse prisma, a teoria dos campos conceituais vai ao encontro das orientações de CID e NETO (2005) para o ensino de genética. Pode ser uma alternativa para superar a fragmentação entre o estudo dos conceitos científicos e os conceitos cotidianos.

Esta teoria pode ser vista nas palavras de Vergnaud como uma teoria de conceitualização da realidade. O ser humano enfrenta as situações de vida armado com suas representações, vale dizer, com conhecimentos, com conceitualizações, embebidas do contexto de sua vida. (GROSSI, 2001). Ao construir processos de ensino aprendizagem a partir de núcleos de situações propostos por Vergnaud, buscamos dar significados aos conteúdos referidos por AUSUBEL; HANESIAN; NOVAK (1980) como um dos princípios para uma aprendizagem significativa, pois aprender não é se informar, aprender é construir conceitos e, para construí-los, o essencial saber selecionar informações e não delas se locupletar indiscriminadamente (GROSSI, 2001).

A teoria de Gérard Vergnaud dos campos conceituais nos diz que deve-se ensinar a partir de grandes núcleos de situações, de procedimentos e de valores socioculturais em torno de um conjunto de conceitos, a partir de provocações que façam os alunos construírem-se hipóteses de explicação para estes aprenderem, portanto, não é captar a solução encontrada por outro; é sim, construí-la e, ao fazê-los, produzirem pensamento, produzir idéias, porque são elas que movem o mundo e, produzidas por poucos são a base da maior antidemocracia (GROSSI, 2001).

6. TEMAS ATUAIS PARA O ENSINO DE GENÉTICA

Como exposto anteriormente, os temas da biologia relacionados à genética vêm estando cada vez mais à tona na sociedade em que vivemos nos dias de hoje. Dessa forma, alguns destes temas, que podem e devem ser trabalhados no ensino médio, são apresentados a seguir:

6.1. O Projeto Genoma Humano

Antes de abordar diretamente os aspectos sobre o *Projeto Genoma Humano* é necessário se fazer uma introdução de conceitos que ajudem a compreender melhor este tema.

O genoma é o conjunto de toda informação de um determinado organismo, contido em seu material genético DNA (ácido desoxirribonucleico) ou mesmo RNA (ácido ribonucleico) no caso de alguns vírus. O DNA é uma macromolécula orgânica que possui a informação contida na sequência de suas bases (adenina, timina, guanina e citosina); quando necessário, essa informação é disponibilizada para a célula na forma de uma molécula de RNA mensageiro (cópia de uma pequena porção do DNA total). Essa molécula de RNA mensageiro será posteriormente lida e traduzida na forma de uma proteína, no citoplasma da célula (FLORIA-SANTOS e NASCIMENTO, 2006).

O Projeto Genoma Humano (PGH) iniciou-se em 1990 para decifrar o código genético humano e suas alterações e, em 2003 concluiu-se o sequenciamento dos três bilhões de bases do DNA da espécie humana. Os objetivos do PGH em saúde envolvem a melhoria e simplificação dos métodos de diagnóstico de doenças genéticas, otimização das terapêuticas e prevenção de doenças multifatoriais (NELSON e COX, 2002).

No ser humano, será possível analisar milhares de genes ao mesmo tempo e as informações e as tecnologias disponibilizadas têm o potencial de modificar a compreensão e os conceitos atuais sobre o mecanismo de prevenção. As pessoas poderão saber se tem predisposição a determinadas doenças crônicas, como câncer, hipertensão, diabetes ou doença de Alzheimer e, desta forma, tratá-las antes do aparecimento dos sintomas. Na área da farmacologia, os medicamentos poderão

ser administrados de acordo com o perfil genético do paciente (GATTAZ et al., 2002).

Apesar de todos os benefícios apontados pelos pesquisadores pelo conhecimento dos genes humanos, é preciso pensar muito na questão do sigilo e confidencialidade destas informações para que ao sermos contratados por uma empresa, por exemplo, não seja requisitado junto da declaração de antecedentes criminais, o genoma do indivíduo.

6.2. Organismos Transgênicos

O termo transgênicos ou organismos geneticamente modificados (OGMs) referem-se a plantas, animais ou microrganismos que receberam genes de outros organismos no seu genoma para expressar características desejadas do organismo doador. Isso se tornou possível graças ao desenvolvimento de técnicas de engenharia genética, como a tecnologia do DNA recombinante que possibilitou o isolamento e clonagem de genes de microrganismos, plantas e animais e posterior inserção e expressão destes genes em qualquer outro organismo. Desta forma, a barreira do cruzamento entre espécies e até entre diferentes reinos foi rompida, trazendo inúmeras possibilidades para o melhoramento de plantas, animais e microrganismos (VERCESI et al., 2009).

Os benefícios dessa manipulação de características de interesse a partir dos genes podem ser apontados em várias áreas da atividade humana desde a farmacologia, com os antimicrobianos e, principalmente, na questão agrícola voltada à alimentação humana.

Apesar dos benefícios dos OGMs, muitos ainda defendem seu uso com cautela e atestam a necessidade de mais testes a longo prazo sobre seus riscos à saúde humana, principalmente no que diz respeito a aumento de risco de cânceres e o desenvolvimento de alergias. De qualquer maneira, o assunto deve ser trazido para esclarecimento do consumidor permitindo-lhe assim, poder escolher entre comprar ou não um OGM, por exemplo. E, auxiliando na promoção da informação e debates a respeito deste tema, destaca-se a função da escola e o papel do professor das ciências.

6.3. Clonagem

Os clones são definidos como o conjunto de células ou conjunto de indivíduos que contêm material genético idêntico à célula que lhes deu origem. São resultantes de um processo de reprodução assexuada (MENEGOTTO, 2002), no caso de plantas e bactérias.

No caso de humanos, há também uma ocasião em que surgem clones naturais. É o caso dos gêmeos idênticos que se originam da divisão de um único óvulo fertilizado.

O clone mais famoso na história é a ovelha Dolly. Este processo de clonagem foi realizado através de uma célula retirada da glândula mamária, cujo núcleo foi obtido e introduzido num óvulo anucleado. Os cientistas removeram 277 células do úbere de uma ovelha adulta e então fundiram estas células com 277 células de ovócitos não fecundados cujo material nuclear tinha sido removido. Depois de cultivar os embriões resultantes durante seis dias, os cientistas implantaram os 29 embriões que se desenvolveram normalmente em mães de aluguel. Aproximadamente cinco meses depois, somente um produziu um cordeiro vivo, a ovelha Dolly (KREUZER; MASSEY, 2002).

Já o Brasil, no dia 17 de março de 2001, o país converteu-se no pioneiro da clonagem de animais na América Latina, com o nascimento de uma bezerra, batizada como Vitória da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Ela é fruto de um trabalho pioneiro do Centro de Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), instalado em Brasília e um dos 40 institutos da Embrapa.

A partir da Vitória, vários outros bezerros de outras raças inclusive, foram produzidos por meio da clonagem e, a partir de maio de 2009, o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) liberou o registro de clones bovinos, s de criadores de gado.

Um procedimento que é um pouco menos complexo e que parte de um mesmo princípio é a produção de células tronco embrionárias, tidas como a grande cura para doenças até então “incuráveis”.

6.4. Células tronco

Entre os cerca de 75 trilhões de células existentes em um ser humano adulto, por exemplo, são encontrados em torno de 200 tipos celulares distintos. Todos eles derivam de células precursoras, denominadas células-tronco. O processo de diferenciação que gera células especializadas – de pele, osso e cartilagens, do sangue, dos músculos, do sistema nervoso e dos outros órgãos e tecidos humanos é regulado, em cada caso pela expressão de genes específicos nas células-tronco, não se sabendo, contudo, com detalhes como isso ocorre e, o que outros fatores estão envolvidos. Compreender e controlar esse processo são grandes desafios da ciência na atualidade (CARVALHO, 2001).

Células-tronco podem ser definidas como um tipo de célula capaz de se transformar em diferentes tecidos no organismo (MACEDO, 2005). São células imaturas, capazes de gerar células filhas diferenciadas, ou seja, podem gerar qualquer tipo de célula existente no organismo, nos diversos tecidos e órgãos, inclusive do sistema nervoso (OLIVEIRA, 2002).

De acordo com ZATZ (2004), células-tronco são células progenitoras que mantêm a capacidade de diferenciar-se nos inúmeros tecidos (sangue, músculos, nervos, ossos, etc) do corpo humano. São totipotentes quando têm a capacidade de diferenciar-se em qualquer um dos tecidos humanos e multipotentes ou pluripotentes quando conseguem diferenciar-se em alguns, mas não em todos os tecidos humanos.

De acordo com seu poder de diferenciação e local onde se encontram, as células tronco podem ser classificadas em duas categorias: células tronco adultas e células tronco embrionárias. As células tronco adultas são encontradas, por exemplo, na medula óssea vermelha e podem se diferenciar em qualquer uma das células presentes no sangue. Estas células podem ser inclusive retiradas do doador saudável e implantadas no indivíduo doente. Já as células tronco embrionárias, são o grande coringa da medicina. Estas células são as encontradas no botão embrionário. Uma estrutura presente em um dos estágios do desenvolvimento embrionário – o blastocisto – e, que dará origem aos folhetos embrionários e posteriormente todos os órgãos e tecidos do embrião (CLARKE & BECKER, 2006).

Essas células têm o potencial de se diferenciar em qualquer uma das cerca de 200 células diferentes que estão presentes no corpo humano. Podem inclusive,

se diferenciar em células nervosas, o que poderia curar seqüelas de medula casadas por acidentes, ou ainda doenças neurodegenerativas como Alzheimer e Parkinson.

O grande problema por trás do uso das células tronco é a maneira como obter as células embrionárias, uma vez que, para isso, é necessário que se retire de um embrião que depois será descartado.

Temos por trás disso, uma grande questão ética a ser resolvida, principalmente no quesito religioso, porém a partir de 2005, o Brasil deu um passo adiante em prol da ciência ao aprovar a Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005. que ficou conhecida como Lei da Biossegurança.

Essa lei que trata, além de temas como transgênicos e reprodução assistida define critérios quanto ao uso de embriões que estão congelados há mais de três anos e que, com consentimento dos genitores, poderão ser utilizados para fins de pesquisas.

6.5. Terapia Gênica

A terapia gênica consiste em um tratamento de doenças, geralmente genéticas, a partir da substituição de um gene defeituoso por um gene normal. Enquanto a medicina convencional fornece substâncias químicas ao organismo para que este possa combater as doenças, a terapia genética dá às células informações para que elas possam produzir as substâncias de que necessitam, restabelecendo a saúde (WILKIE, 1994).

Para tal, o gene de interesse (também chamado de transgene) é transportado por um vetor e está contido em uma molécula de DNA ou RNA que carrega ainda outros elementos genéticos importantes para sua manutenção e expressão. As formas de transferência deste vetor contendo o gene são muito variadas. Em primeiro lugar, é importante definir se é mais apropriado introduzir o gene diretamente no organismo (*in vivo*) ou se, alternativamente, células serão retiradas do indivíduo, modificadas e depois reintroduzidas (*ex vivo*) (NARDI *et al.*, 2002).

Algumas das formas de transferência utilizam vírus, dos quais os principais são os retrovírus, os adenovírus e os vírus adeno-associados. Outras formas de transferência incluem a injeção direta do gene no organismo, bem como métodos utilizando princípios físicos ou químicos. A avaliação do sucesso do procedimento

envolve a análise da manutenção de expressão do gene nas células transformadas e a correção da doença (NARDI *et al.*, 2002).

Tanto doenças hereditárias como adquiridas têm sido alvos constantes de estratégias de terapia gênica. O tratamento de doenças humanas através da transferência de genes foi originalmente direcionado para doenças hereditárias, causadas normalmente por defeitos em um único gene, como a fibrose cística, as hemofilias, hemoglobinopatias e distrofias musculares. Entretanto, a maioria dos experimentos clínicos de terapia gênica atualmente em curso está direcionada para o tratamento de doenças adquiridas como a Aids, doenças cardiovasculares e diversos tipos de câncer (de mama, de próstata, de ovário, de pulmão e leucemias). Isso se deve basicamente ao fato de as doenças adquiridas apresentarem uma alta incidência na população mundial quando comparada com as freqüências das doenças monogênicas (DANI, 2000; NARDI *et al.*, 2002).

6.6. Questões éticas e sociais

Quando pensamos que estamos vivendo cada vez mais e com mais saúde, temos que considerar que tudo isso se deve, principalmente, aos avanços da medicina e da biotecnologia. Dessa maneira é inevitável pensar a ciência como algo importante para o desenvolvimento de nossa civilização. Porém os temas atuais da genética e da biologia molecular acabam esbarrando principalmente em conceitos tidos como proibidos pela igreja, como as células tronco embrionárias, a clonagem, etc.

Outra barreira ao desenvolvimento da ciência muitas vezes é a desinformação ou informação equivocada sobre algum conceito por parte da população. E quanto a isso, a escola tem um papel fundamental no esclarecimento transmissão dos verdadeiros conceitos relacionados ao tema.

As inovações tecnológicas são desenvolvidas para solucionar problemas específicos, mas freqüentemente abrem portas para outras inovações ou aplicações, a tecnologia neste sentido pode ser usada para o bem ou para o mal da humanidade e do planeta Terra. Não é exclusividade da biotecnologia, podemos citar o uso da energia nuclear como exemplo (KREUZER; MASSEY, 2002).

A tecnologia do DNA recombinante começou a gerar uma grande discussão sobre as suas possíveis utilizações, desde a produção de organismos transgênicos até a terapia gênica. Essa discussão do desenvolvimento da biotecnologia é saudável e necessária. As sociedades preocupam-se através dos tempos com as mesmas questões de diferentes formas, desde que o homem começou a fabricar instrumentos rústicos de pedra. As sociedades democráticas têm dado aos cidadãos o poder de tomar decisões como empregar a tecnologia, por este motivo devemos esclarecer, informar, educar a sociedade para tomar decisões éticas e responsáveis no emprego tecnológico (KREUZER; MASSEY, 2002).

Essas demandas são temporais e, a partir delas, a sociedade passa a exigir uma fiscalização do estado, o que antes não existia pois não se detinha tal tecnologia. A exemplo disso, o governo federal em 2005 aprovou a Lei nº 11.105, também chamada Lei da Biossegurança, que rege as questões atreladas à biotecnologia.

Algo semelhante ocorre com os crimes do âmbito tecnológico, como os ocorridos pela internet. Ao nos depararmos com estas situações, o Estado se vê obrigado a ter legislações próprias para regulamentar e/ou punir estas questões tidas como novas.

Dessa forma, conforme a sociedade se desenvolve no âmbito (bio)tecnológico, novas discussões permearão a sociedade e novos termos surgirão, como é o caso da bioética ou do biodireito. De qualquer maneira, fica evidente que somente com muita informação – aí entra a escola - será possível que o aluno de hoje, quando na condição de cidadão pleno de direitos amanhã, possa exigir de seus representantes políticos a discussão de determinados temas.

7. A LINGUAGEM DA CIÊNCIA

Ao se estudar a prática pedagógica não se pode deixar de pensar na importância da comunicação entre professor e alunos ocorrendo de maneira dialógica no processo ensino/aprendizagem.

Sendo a comunicação um fenômeno que não é puramente físico, somente no momento em que se une o estudo desse processo físico ao processo mental (signos interiores) do emissor e dos receptores, torna-se possível observar a ocorrência de dois processos psicofísicos, em que a comunicação entre sujeitos psicofisiologicamente diferentes se estabelece, mas cujos mecanismos não são ainda totalmente conhecidos.

CARBONI (2000) assinala que a definição da linguagem como objeto a partir da realidade física, fisiológica e psicológica continua a ser impossível, enquanto a esse complexo não for somado o processo das relações sociais, porque a excelência do trabalho docente não se verifica quando se vê todo o conjunto anterior composto somente por elementos alinhados, ao invés de estarem unidos por regras internas que lhe atribuiriam vida e fariam dele um fato lingüístico. A partir desse enfoque surgem questões importantes, que evocam a necessidade de se avaliar a utilização da linguagem – em todas as suas acepções - como meio de desenvolver o trabalho docente.

Para PIETROCOLA (2002), grande parte dos conteúdos da ciência ministrados na escola, ao serem confrontados com àqueles existentes na vida cotidiana do aluno, oferecem uma série de impedimentos para o seu ensino. Ou seja, a linguagem (conceitos) neles presentes é abstrata demais, comprometendo que o aluno relacione o que aprende na escola, com o que conhece em seu cotidiano fora dela. Além disso, segundo esse autor, há [...] uma relação indireta com situações presentes no cotidiano; estão relacionados às situações de observação que invariavelmente requerem equipamentos sofisticados, presentes apenas nos laboratórios; envolvem um estilo de raciocínio muito diferente daquele vulgarmente empregado pelas pessoas. Tais características permitem dimensionar o quão distante se encontra o mundo da ciência daquele do cidadão comum.

O homem é produto de relações sociais ativas e inteligentes e a consciência se constitui do conjunto dos discursos que o indivíduo foi interiorizando no decorrer de sua vida, e, assim o homem vai descobrindo formas de observar a realidade

através dos discursos interiorizados por ele e, comumente, repete os mesmos discursos quando se expressa verbalmente. Assim, como materialização da consciência e instrumento de comunicação, a linguagem constitui um fator social, ou seja, que sofre determinações sociais (FIORIN, 2003).

De tal modo, ter o acesso à linguagem científica no ambiente escolar e poder ligá-la a seu cotidiano é elementar para que o aluno possa se desenvolver em sua integridade. Porém, não se esquecendo de que essa linguagem científica seja acessível ao entendimento para cada contexto em particular. Para isso, é preciso começar a repensar a linguagem da ciência ligada ao senso comum desde o início do processo de formação docente.

8. DESAFIOS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

DELIZOICOV (2002) aponta que os principais desafios que o ensino de ciências enfrenta na atualidade, são os seguintes: 1) a superação do senso comum pedagógico; 2) ciência para todos; 3) ciência e tecnologia como cultura; 4) incorporar conhecimentos contemporâneos em ciência e tecnologia; 5) superação das insuficiências do livro didático; 6) aproximação entre os resultados obtidos na pesquisa em ensino de Ciências e o que ocorre na realidade na sala de aula ao se ensinar Ciências.

Sobre a superação do senso comum pedagógico, DELIZOICOV (2002) deixa claro que, é consensual e inquestionável que o professor de Ciências Naturais, ou de outras área das Ciências, tenha o domínio das teorias científicas e de suas vinculações com as tecnologias. Porém, este conhecimento é imprescindível, mas não suficiente para que haja um desempenho docente adequado. É necessário que no processo de ensino/aprendizagem de Ciências seja abandonada a idéia retrógrada de apropriação de conhecimentos através da mera transmissão mecânica de informações - àquilo que PAULO FREIRE (1986) denominou de “educação bancária”.

Lembrando que para FREIRE (2003), ensinar não é transferir conhecimento, ensinar exige: consciência do inacabado; respeito à autonomia do ser educando; rigorosidade metódica; pesquisa; respeito aos saberes do educando; criticidade, reflexão; humildade, tolerância e luta em defesa dos direitos dos educandos; convicção de que a mudança é possível; e acima de tudo competência profissional.

No que diz respeito à ciência para todos, DELIZOICOV (2002) a partir da década de 1970 iniciam-se os debates acerca da democratização e do acesso à educação pública. O desafio de fazer o saber científico algo ao alcance de um público escolar em escala sem precedentes (público representado por todos os segmentos sociais e com maioria expressiva oriunda das classes e culturas que até então não freqüentaram a escola), não poderia ser enfrentado com as mesmas práticas docentes das décadas anteriores ou da escola de poucos e para poucos. A razão disso é que não só quantidade de estudantes aumentou, como também, “porque a socialização, as formas de expressão, as crenças, os valores, as expectativas e a contextualização sócio-familiar dos alunos são outros”

Mediante tudo isso, o conhecimento disponível, oriundo de pesquisas em educação e em ensino de Ciências, acena para a necessidade de mudanças, às vezes bruscas, na atuação do professor dessa área, sendo imperativa, a meta da democratização da ciência, que começa no campo escolar.

Juntamente com a meta de proporcionar o conhecimento científico e tecnológico à imensa maioria da população escolarizada, deve-se ressaltar que o trabalho docente precisa ser direcionado para sua apropriação crítica pelos alunos, de modo que efetivamente se incorpore no universo das representações sociais e se constitua como cultura. Em oposição consciente à prática da ciência morta a ação docente buscará construir o entendimento de que o processo de produção do conhecimento que caracteriza a ciência e a tecnologia constitui uma atividade humana, sócio-historicamente determinada, submetida a pressões internas e externas, com processos e resultados ainda pouco acessíveis à maioria das pessoas escolarizadas, e por isso passíveis de uso e compreensão acríticos ou ingênuos; ou seja, é um processo de produção que precisa, por essa maioria, ser apropriado e entendido (DELIZOICOV, 2002).

No que diz respeito à superação das insuficiências do livro didático, é importante antes de tudo deixarmos claro que, de acordo com FRANCO (1982) os livros didáticos são agentes culturais destinados a instruir, agindo em conjunto com o trabalho do professor, nas mais diversas áreas do conhecimento humano. Estes têm como papel fundamental, apresentar os conteúdos das matérias curriculares, e organizados em razão dessas.

Para esse autor, os livros didáticos são também seletivos, conforme, seus conteúdos apresentam parcelas de conhecimento selecionadas do total que está disponível cientificamente sobre determinada área do conhecimento humano. São da mesma forma, simplificados conforme a idade dos alunos a que são destinados, e, seqüenciados, à medida que as informações presentes em um capítulo pressupõem informações anteriores.

Segundo DELIZOICOV (2002) o livro didático permanece como o principal instrumento de trabalho do professor dentro da sala de aula. Uma realidade que urge em ser mudada, pois, hoje podemos contar com inúmeros instrumentos paradidáticos (livros, revistas, DVD's, etc) que podem ajudar a superar as limitações que o livro didático possui.

O ultimo desafio exposto por DELIZOICOV (2002) consiste na aproximação entre pesquisa em ensino de Ciências e o ensino de Ciências. Para o autor, a investigação de problemas ligados à educação em Ciências, vem ocorrendo desde meados da segunda metade do século XX. Em encontros de pesquisa das áreas de ensino de Ciências, são comuns os debates sobre o teor e a qualidade das investigações, sobre a relação entre elas, reflexões ligadas à sala de aula e a prática docente. No que se alude aos objetos de investigação e à qualidade, o autor informa que nossa produção, nessa área de pesquisa, pode ser comparada à dos países mais avançados.

Todavia, segundo DELIZOICOV (2002), o maior desafio a ser superado reside na “apropriação, a reconstrução e o debate sistemático dos resultados de pesquisa na sala de aula e na prática docente dos professores dos três níveis são sofríveis. Mesmo levando em conta os avanços obtidos nas instituições universitárias, onde há grupos de pesquisa em ensino de Ciências e cursos de pós-graduação, não obstante reduzidos, e o relativo sucesso alcançado por algumas iniciativas desses grupos junto a coletivos de professores, persiste certa perplexidade diante das dificuldades de aproximação entre esses pólos ainda bastante distanciados. Os cursos de formação de professores de Ciências constituem locus privilegiado para que essa disseminação se intensifique, à medida que, sistemática e criticamente, o novo conhecimento produzido pela área de ensino de Ciências passe a permear as ações docentes e se torne objeto de estudo e discussão no currículo dos cursos. Com louváveis exceções, lamentavelmente, nem sequer na maioria dos cursos de formação inicial em licenciatura essas perspectivas, tanto dos novos materiais didáticos como dos resultados de pesquisa, são consideradas. A formação de professores, na maioria dos cursos, ainda está mais próxima dos anos 1970 do que de hoje”.

Mediante o conjunto dessas informações, é evidente que há um determinado grau de discrepância no ensino de Ciências, sendo necessárias imediatas transformações estruturais e de atitude por parte dos envolvidos nessa formação, numa busca por ir além das cobranças legais mínimas. Tendo em mente que essa perspectiva de extrapolar as exigências mínimas deve permear todas as suas dimensões e modalidades, seja ela a formação inicial e continuada, presencial e a distância, específica da área ou generalista.

9. O ALUNO COMO AGENTE DO CONHECIMENTO

O primeiro ponto elementar a ser reconhecido é o de que o aluno é o sujeito de sua aprendizagem, ou seja, é ele próprio quem desempenha a ação, e não alguém que recebe uma ação. Em outras palavras, não é possível ensinarmos alguém que não deseja aprender, pois, a aprendizagem consiste em um processo interno que ocorre como resultado da ação de um sujeito. Assim sendo, ao professor somente cabe “mediar, criar condições, facilitar a ação do aluno de aprender, ao veicular um conhecimento como seu porta-voz” (DELIZOICOV, 2002).

Sabemos que as pessoas aprendem o tempo todo, aprendem no campo das relações sociais, fatores naturais, aprendem por vontade própria, por necessidades, por interesses, ou mesmo por coerção, com o relacionamento com outras pessoas, com a convivência com os próprios sentimentos, valores, formas de comportamento e informações, ou seja, aprendem constantemente e ao longo de suas vidas. Todavia, no campo escolar, nos deparamos com uma dualidade, pois, “parece que só o aluno está ali para aprender, como se os professores não estivessem aprendendo todo o tempo também” (DELIZOICOV, 2002).

O raciocínio desse autor segue as idéias de PAULO FREIRE (2003) sobre a relação discente/docente, quando ele afirma que “não há docência sem discência”, significando que é necessário reconhecer que paralelamente ao ensinar, se está aprendendo, e não desenvolver um ensino de “depósito bancário”, onde apenas se depositam conhecimentos acríticos nos alunos.

Contudo, mesmo com os inúmeros debates acerca de tal questão, DELIZOICOV (2002) aponta que “toda a preocupação está dirigida para o desempenho docente, sem considerar os efeitos que ele está tendo sobre os alunos — sem pensar, de fato, em que tipo de aprendizado se está propiciando e por que se está investindo nessa forma de ensinar. Grande parte das ações que se têm em sala de aula é fruto da tradição, da experiência prévia como aluno, a qual leva a imitar, às vezes até sem perceber, as atitudes dos professores com que se estudou ao longo da vida. Até mesmo os portadores do discurso em favor da tendência construtivista são, muitas vezes, “atropelados” pelo ensino tradicional, discursivo, centrado no sujeito que ensina, a sujeitos que aprendem “a partir do nada”.

Ainda segundo DELIZOICOV (2002), persiste uma preocupação com a seqüência dos conteúdos, mas não tanto com o valor do conteúdo a ser ensinado.

Muitos professores têm considerado que a importância está pré-estabelecida pelo próprio conteúdo que se ensina. Além disso, há a idéia de que a ciência e a tecnologia no mundo atual parecem independentemente explicar a necessidade de seu ensino, mesmo que os conteúdos escolares não abordem sua função atual. Soma-se a isso o fato de que, mesmo quando há preocupação com a seqüência, não se arrisca alterá-la.

Comumente, segue-se aquilo que está no livro didático e/ou nas propostas curriculares. Os professores não têm parado para refletir sobre o porquê da seqüência e dos tópicos escolhidos pelos livros didáticos. Não pensam sobre o que esse aluno tem interesse no que lhe está sendo proposto como conteúdo a ser aprendido. Assim, “reconhecer o aluno como foco da aprendizagem significa considerar que os professores têm um papel importante de auxílio em seu processo de aprendizagem, mas, sobretudo, perceber que, para de fato poderem exercer esse papel, é preciso pensar sobre quem é esse aluno” (DELIZOICOV, 2002).

Perante tais desafios, FREIRE (2003) aponta que na verdade, para que a afirmação “quem sabe ensina a quem não sabe” se recupere de seu caráter autoritário, é preciso que quem sabe, saiba sobretudo, que ninguém sabe tudo e que ninguém tudo ignora. O educador, como quem sabe, precisa reconhecer, primeiro, nos educandos em processo de saber mais, os sujeitos, com ele, deste processo e não pacientes acomodados; segundo, reconhecer que o conhecimento não é um dado aí, algo imobilizado, concluído, terminado, a ser transferido por quem o adquiriu a quem ainda não o possui (FREIRE, 2003).

Tal solução, mesmo sendo repetitiva, faz com que repensemos nossa atuação docente, não fazendo como meros repetidores e lembrando das pesquisas de Jean Piaget com seu construtivismo, que nos alertou que os alunos são responsáveis em grande parcela pela construção de seu conhecimento. Não deixando somente a cabo do professor tal atribuição.

10. PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's), o conhecimento na área de Biologia obrigatoriamente deve dar subsídio ao julgamento de questões polêmicas, que estão ligadas ao desenvolvimento, bom emprego de recursos naturais e à utilização de tecnologias que implicam intensa intervenção humana no ambiente, cuja avaliação deve considerar a dinâmica dos ecossistemas, dos organismos, por fim, a forma como a natureza se comporta e a vida se processa

Dessa forma, aptidões e habilidades precisam ser desenvolvidas no campo do ensino de biologia, por meio de representações e comunicações entre professores e alunos. Nessa direção, os PCN's sugerem algumas importantes atitudes a serem executadas pelos professores:

- Descrever processos e características do ambiente ou de seres vivos, observados em microscópio ou a olho nu.
- Perceber e utilizar os códigos intrínsecos da Biologia.
- Apresentar suposições e hipóteses acerca dos fenômenos biológicos em estudo.
- Apresentar, de forma organizada, o conhecimento biológico apreendido, através de textos, desenhos, esquemas, gráficos, tabelas, maquetes etc.
- Conhecer diferentes formas de obter informações (observação, experimento, leitura de texto e imagem, entrevista), selecionando aquelas pertinentes ao tema biológico em estudo.
- Expressar dúvidas, idéias e conclusões acerca dos fenômenos biológicos. Investigação e compreensão.
- Relacionar fenômenos, fatos, processos e idéias em Biologia, elaborando conceitos, identificando regularidades e diferenças, construindo generalizações.
- Utilizar critérios científicos para realizar classificações de animais, vegetais etc.
- Relacionar os diversos conteúdos conceituais de Biologia (lógica interna) na compreensão de fenômenos.
- Estabelecer relações entre parte e todo de um fenômeno ou processo biológico.

- Selecionar e utilizar metodologias científicas adequadas para a resolução de problemas, fazendo uso, quando for o caso, de tratamento estatístico na análise de dados coletados.
- Formular questões, diagnósticos e propor soluções para problemas apresentados, utilizando elementos da Biologia.
- Utilizar noções e conceitos da Biologia em novas situações de aprendizado (existencial ou escolar).
- Relacionar o conhecimento das diversas disciplinas para o entendimento de fatos ou processos biológicos (lógica externa). Contextualização sócio-cultural.
- Reconhecer a Biologia como um fazer humano e, portanto, histórico, fruto da conjunção de fatores sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos e tecnológicos.
- Identificar a interferência de aspectos místicos e culturais nos conhecimentos do senso comum relacionados a aspectos biológicos.
- Reconhecer o ser humano como agente e paciente de transformações intencionais por ele produzidas no seu ambiente.
- Julgar ações de intervenção, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva e do ambiente.
- Identificar as relações entre o conhecimento científico e o desenvolvimento tecnológico, considerando a preservação da vida, as condições de vida e as concepções de desenvolvimento sustentável (MAIA, 1996).

Mediante tais apontamentos, é importante acrescentar que os alunos de biologia, precisam aprender ou mesmo relembrar conceitos básicos, experienciar o método científico e considerar os efeitos sociais do desenvolvimento da biologia. Aos professores cabe a escolha de conteúdos relevantes, fundamentais e atualizados.

Em seqüência é preciso escolher as atividades e experiências que melhor levem à consecução dos objetivos propostos. Assim, a opção por uma modalidade didática, é dependente do conteúdo e dos objetivos selecionados, da classe a que se destina, do tempo e dos recursos disponíveis, assim como dos valores e convicções do professor.

Alguns paradigmas didáticos podem ser classificados de acordo com alguns critérios. Para BEHRENS (2005), tais paradigmas podem ser agrupados em

consonância com as atividades que os professores desenvolvem, como: falar - aulas expositivas, discussões, debates; fazer - simulações, aulas práticas, jogos, projetos e mostrar — demonstrações, filmes etc.

Além disso, há outras possibilidades de divisão dos vários paradigmas didáticos, de acordo com a participação relativa de docentes e estudantes na aula, que se estende da total responsabilidade do professor numa aula expositiva, até a total autonomia dos alunos no desenvolvimento de projetos de pesquisa (CARNIATTO, 2002).

É possível ainda dividir os variados paradigmas de ensino em consonância com sua probabilidade de melhor se adequar aos objetivos do ensino de biologia, como: 1) para transmissão de informações: aula expositiva, demonstração; 2) para realizar investigações: aulas práticas, projetos; 3) para analisar as causas e implicações do desenvolvimento da biologia: simulações, trabalho dirigido. Sendo possível, no entanto, fazer exercícios práticos, cuja única função seja transmitir informações, ou dar uma aula expositiva, que auxilie os alunos a compreender o procedimento científico.

De acordo com KRASILCHIK (2004), outra forma de classificação é agrupar as diversas modalidades de ensino de acordo com o tamanho do grupo de alunos: atividades para grandes grupos, ou seja, para a classe total: aulas expositivas, demonstrações; atividades para pequenos grupos: seminários, aulas; trabalhos individuais, projetos. Considerando que, própria existência de várias classificações indica que nenhuma delas é totalmente satisfatória, principalmente porque é difícil uma apreciação fora do contexto em que a aula se coloca.

No que diz respeito às formas de ensino utilizadas pelo professor, podemos destacar a importância das aulas expositivas, debates, demonstrações, aulas práticas, instruções individuais e elaboração de projetos. Sobre as aulas expositivas, essa consiste na mais comum, não somente no ensino de biologia, mas nas mais diversas áreas, tendo como função passar o máximo de informações para os alunos.

De modo geral, como foi dito anteriormente, os professores normalmente ficam presos aos livros didáticos, enquanto os alunos ficam passivamente ouvindo. Por outro lado, as aulas expositivas permitem ao professor comunicar suas idéias, ressaltando os aspectos que avalia como importantes, muitas vezes impregnando o ensino com o entusiasmo pela disciplina. Dessa forma, a aula expositiva serve

fundamentalmente para introduzir um assunto novo, resumir um tópico, ou comunicar conhecimentos pessoais do professor.

Além disso, a grande utilização a aula expositiva forma de ensinar, está diretamente ligada a “um processo econômico, pois permite a um só professor atender a um grande número de alunos, conferindo-lhe, ao mesmo tempo, grande segurança e garantindo o domínio da classe, que é mantida apática e sem oportunidades de se manifestar” (BLIGH, apud KRASILCHIK, 2004).

Quanto aos debates em sala de aula, é importante enfatizar que, a passagem de uma forma de aula centrada somente na exposição oral do professor, para outra em que modalidade didática tenha por base o diálogo, é possível que haja um progresso na qualidade do ensino de biologia. Assim, em uma primeira fase da passagem da exposição oral para o diálogo, a ênfase recai sobre o uso de uma discussão previamente estruturada.

Nessas, os professores de Biologia possuem em suas mãos um importante material capaz de ajudá-los a ampliar a capacidade de condução das discussões em classe, como os instrumentos paradidáticos, no qual o objetivo central consiste em fazer com que o estudante participe racionalmente das atividades de investigação. Dessa forma, utilizando o livro didático, e materiais de apoio, uma série de informações e perguntas podem ser feitas aos estudantes, que dão respostas prováveis (SCHWAB, 1972). Ou seja, é necessário, durante os debates, fazer questionamentos aos alunos, e incitá-los a responder, em um exercício recíproco entre professor e aluno.

Nesse processo, o diálogo entre alunos e professor é fundamental. Isso porque, primeiramente o diálogo é entendido como conteúdo de significação ética e humanizadora, e, deste modo, ocupa lugar de gestação do humano e do mundo. Ele consiste numa condição fundamental para a verdadeira educação.

Nessa direção, no livro “Pedagogia da Esperança” (FREIRE, 1992), o Diálogo é visto como princípio pedagógico e metodológico, assim, diferente de mera conversa, pois “o diálogo, na verdade, não pode ser responsabilizado pelo uso distorcido que dele se faça. Por sua pura imitação ou por sua caricatura. O diálogo não pode converter-se num “bate-papo” desobrigado que marche ao gosto do acaso entre professor ou professora e educandos”.

Um diálogo nos moldes de uma reivindicação epistemológica e não somente como um recurso dentre outros para ser usado ou não na relação docente, pois a

“dialogicidade não pode ser compreendida como um instrumento usado pelo educador, às vezes, em coerência com sua opção política. A dialogicidade é uma exigência da natureza humana e também um reclamo da opção democrática do educador” (FREIRE, 1992).

Outra ferramenta importante no ensino de biologia tem por base as aulas de demonstrações, que consiste em uma indicação dos PCN's. As aulas de demonstrações em Biologia são importantes conforme podem apresentar aos alunos acontecimentos, modelos etc. É importante frisar que o uso do método de demonstração é viável em casos em que o professor almeja economizar tempo, ou quando não possui material em quantidade suficiente para a classe toda. Pode também garantir que possam observar o fenômeno concomitantemente, assegurando uma discussão em comum com todos os alunos (FROTA – PESSOA, 1970).

Já o trabalho docente no ensino de Biologia tem como objetivo geral ser um complemento da teoria didática de sala de aula. Normalmente ela tem como objetivos fundamentais a estimulação e desenvolvimento do espírito científico e crítico, além de buscar aguçar a observação dos fenômenos biológicos pelos alunos, como também, fornecer experiências no uso de equipamentos e materiais de Laboratório Biológico, possibilitando o desenvolvimento de normas e comportamentos próprios dentro de um Laboratório.

De acordo com HOFSTEIN (apud KRASILCHIK, 2004), as principais funções do trabalho docente em sala de aula têm por base o: “despertar e manter o interesse dos alunos; envolver os estudantes em investigações científicas; desenvolver a capacidade de resolver problemas; compreender conceitos básicos; desenvolver habilidades”.

Sobre a instrução individualizada, esta consiste nas atividades em que o aprendizado acompanha o ritmo do aluno. Para que isso seja possível, a instrução programada, os estudos dirigidos e projetos, são ferramentas importantes no processo de aprendizagem individual (CASTRO, 1976).

Quanto aos projetos, esses consistem em atividades realizadas por um aluno ou por uma equipe a fim de solucionar um problema, tendo como resultado um relatório final que demonstre o aprendizado efetivo do aluno. Tal projeto é fundamental para o aluno, conforme, desenvolve a iniciativa e a capacidade de decisão dos alunos. Nesse contexto, o papel do professor tem por base ser um guia

e ajudar na resolução das dificuldades que podem ir emergindo ao longo da elaboração do projeto (CASTRO, 1976).

De modo geral, considerando a importância dos paradigmas didáticos citados acima, é importante enfatizar que, esses são os mais utilizados no campo do ensino de biologia, sendo de certa forma eficientes. Desse modo, sendo esses aplicados por um profissional competente, o grau de melhoria da qualidade de ensino de biologia possivelmente será grande. Assim sendo, é fundamental termos em mente que o desempenho de grande parte desses métodos é totalmente dependente da ação do professor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O docente que trabalha as disciplinas científicas, como é o caso das ciências de modo geral, necessita, além de uma sólida formação conceitual na sua área de atuação, um arcabouço de conhecimentos didáticos e metodológicos. Por exemplo, compreender as idéias prévias dos alunos, a existência das concepções alternativas, a transposição didática e, fundamentalmente, ter alicerces no conhecimento epistemológico sobre a construção da Ciência, elemento indispensável para a reflexão de que o processo científico é uma experiência da humanidade, em constante mudança, de acordo com as bases tecnológicas e os valores atuais da sociedade que são temporais.

A aprendizagem para uma educação científica, em uma sociedade permeada por mudanças e avanços tecnológicos, com a velocidade na produção e divulgação de novas informações e conhecimentos precisa romper com a visão absolutista, fragmentada de Ciência, que ainda está presente no cotidiano escolar e, na maioria das vezes, rejeitada pelos alunos. A possibilidade que se nota para mudanças no ensino é assumir, justamente uma nova postura, a partir da reflexão epistemológica e didática sobre a educação em Ciências. Em relação à Biologia e especificamente ao campo conceitual da Genética pode-se verificar que há dificuldades na resolução dos problemas e entendimento dos conceitos, porém que a motivação e interesse pelo conteúdo é, e pode ser, cada vez mais significativo por parte dos alunos. Cabe ao professor buscar situações de aprendizagens baseadas em conhecimentos prévios dos alunos e, utilizar das informações referentes à genética, tão freqüentes na mídia, auxiliando no processo de transformação destas informações em conhecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, T., **Alfabetización científica para la ciudadanía**. Madrid: Narcea, 1999.
- AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN. **Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo**. 2ªed. México: Trillas, 1983.
- AYUSO, E.; BANET, E. ABELLÁN, T. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato: II. Resolución de problemas o realización de ejercicios? **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, nº 2, p. 127-142, 1996.
- BASTOS, F. O conceito de célula viva entre os alunos de segundo grau. **Espaço Aberto**, v.11, n.55, p. 63-69, Jul./Set., 1992.
- BEHRENS, M. A. **O paradigma emergente e a prática pedagógica**. Petrópolis: Vozes, 2005.
- BORÉM, A.; SANTOS, F. R. dos. **Biotecnologia Simplificada**. Viçosa: Editora Suprema, 2001.
- BRASIL. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL **Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio** (PCNEM). Brasília: MEC/SEF, 2000.
- BUGALLO RODRÍGUEZ, A. La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 13, n. 3, p. 379-385, 1995.
- CABALLER, M. J.; GIMÉNEZ, I. Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. **Enseñanza de las Ciencias**, v.11, n.1, p. 63-68, 1993.
- CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A.M.P.; PRAIA, J. e VILCHES, A. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.
- CAJAS, F. Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 2, p. 243-254, 2001.
- CHASSOT, A. **Educação conSciência**. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2003.
- CARBONI, F. Estruturalismo e Linguagem: a negação do homem. In: Centro de Estudos Marxistas (org.). **Os trabalhos e os dias**. Passo Fundo: UPF Editora, 2000.
- CARNEIRO, M. H. S.; GASTAL, M. L. História e filosofia das ciências no ensino de biologia. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005.
- CARNIATTO, I. **A formação do sujeito professor**. Cascavel: Unioeste, 2002.
- CARVALHO, A. C. C. Células-Tronco a medicina do futuro. **Revista Ciência Hoje**. São Paulo, v. 29, n. 172, jun. 2001. p. 26.

CASTRO, A. A. O trabalho dirigido. In. **Didática para a escola de 1 e 2 Graus**. São Paulo: Pioneira/MEC, 1976.

CLARKE, M. F. & BECKER, M. W. O lado maligno das células-tronco. **Scientific American Brasil** 51: 38-46. 2006.

CID, M. & NETO, A.J. Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética. **Enseñanza de las Ciencias**, VII Congresso, 2005.

DANI, S. U. Terapia gênica. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento** 12: 28-33. 2000.

DE LONGUI, A. L. El discurso Del profesor y Del alumno: análisis didáctico en clases de ciencias. **Revista Enseñanza de las ciencias**, v. 18, nº 2, p. 201-216, 2000.

DELIZOICOV, Demétrio. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E. e SCOTT, P. **Construindo conhecimento científico na sala de aula**. *Química Nova na Escola*, n. 9, p. 31-40, 1999.

FIORIN, J. L. **Linguagem e ideologia**. 7 ed. São Paulo: Ática, 2003.

FLORIA-SANTOS, M, NASCIMENTO, L.C. Perspectivas históricas del Proyecto Genoma y la evolución de La enfermería. **Rev. bras. enferm.** 59(3):358-361, 2006.

FOUREZ, G.; LECOMPTE, V.E; GROOTAERS, D.; MATHY, P. e TILMAN, F. *Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Trad. **E.G. Sarría**. Buenos Aires: Colihue, 1997.

FRANCO, M. L.P.B. **O Livro Didático de História no Brasil**. São Paulo: Global, 1982.

FREIRE, P. Educação “bancária” e educação libertadora. In. M. H. S. Patto (Org.). **Introdução à Psicologia Escolar**. (pp.54-70). São Paulo: T.A.Queiroz. 1986.

_____. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 2003.

_____. **A importância do ato de ler**. São Paulo: Cortez, 2003.

_____. **Pedagogia da esperança**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.

FROTA-PESSOA, O. **Como Ensinar Ciências**. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 1970.

GATTÁS G.J.F.; SEGRE M.; WÜNSCH FILHO V. Genética, biologia molecular e ética: as relações trabalho e saúde. **Cien Saude Colet**; 7(1):159-167, 2002.

GEBARA, M. J. F. Questões relativas à história da ciência e ao ensino de ciências. **In: Atas 5o. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, 2005.

GIL-PÉREZ, D. & VILCHES, A. Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 42, p. 31-53, 2006.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. de. **As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. 2ª. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GROSSI, E.P. Esquemas de pensamento, campos conceituais, teoremas em ação: um espaço de problemas do pos-construtivismo. **Seminário Internacional sobre Didática da Matemática**, Porto Alegre, 2001.

JENKINS, E. W. Comprensión pública de la ciencia y enseñanza de la ciencia para la acción. **Revista de Estudios del Currículum**, v. 2, n. 2, p. 7-22, 1999.

JUSTINA. L. A. D. **Ensino de genética e história de conceitos relativos à hereditariedade**. 2001. Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

KRASÍLCHIK, M. O. **O professor e o currículo das Ciências**. São Paulo, EPU/Edusp, 1987.

KREUZER, Helen & MASSEY, Adriane. **Engenharia Genética e Biotecnologia**. Trad. Ana Beatriz Gorini da Veiga *et al.* 2ª ed. Porto alegre: Artmed, 2002.

LEITE, B. **Biotecnologias, clones e quimeras sob controle social: missão urgente para a divulgação científica**. *São Paulo em Perspectiva*, 14(3), 40-46. 2000.

LEITE, R. C. M. A história das leis de Mendel na perspectiva Fleckiana. **In: Atas do 5o. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, realizado em Bauru, no ano de 2005.

LORENCINI JR., A. O ensino de ciências e a formulação de perguntas e respostas em sala de aula. In: TRIVELATO, S. L. F. **Coletânea Escola de Verão para professores de prática de ensino de física, química e biologia**. Serra Negra, São Paulo, 9-15 de outubro de 1994. p. 105-114, SP: FEUSP, 1995.

MACEDO, V. Potencial terapêutico único. **Revista Ciência Hoje**. São Paulo, v. 36 n. 213. p.51. mar. 2005

MAIA, E. M. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio (PCN's)**: Brasil, 1996.

MANECHINE, S. R. S.; CALDEIRA, A. M. de A. Um estudo prático sobre os processos de ensino e aprendizagem a partir da teoria de Vigotski. In: CALDEIRA, Ana Maria de Andrada; CALUZI, João José (Orgs). **Filosofia e história da Ciência: contribuições para o ensino de ciências**. Ribeirão Preto: Kayrós Editora, p. 29-47. 2005.

MELO, M. L.; LIRA, M. R.; TEIXEIRA, F. M. Formulação de perguntas em aulas de ciências naturais: hegemonia de pensamento ou espaço para o diálogo? In: **V Colóquio Internacional Paulo Freire** – Recife, 19-22 de setembro, 2005.

MIRANDA, P. R. **Mediação e processo de aquisição de conhecimento**. 2007. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, 2007.

MORTIMER, E. F.; AGUIAR JR., O. G. Tomada de consciência de conflitos: análise da atividade discursiva em uma aula de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, vol. 10, nº. 2, agosto de 2005.

NARDI, N. B.; TEIXEIRA, L. A. K.; SILVA, E. F. Á. Terapia gênica. **Ciênc. saúde coletiva**, São Paulo, v. 7, n. 1, 2002.

NELSON, D.L. & COX, M.X.L. **Princípios de Bioquímica**. 3ª ed. São Paulo: Sarvier; 2002.

OLIVEIRA, A. A. Reconstruindo cérebro: O uso de células-tronco em transplantes neurais. **Revista Ciência Hoje**. São Paulo, v. 31, n. 185. p. 28. 2002.

PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (PCN). Brasília. **Ciências Naturais**, 2001.

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, M. T. B.; MOREIRA, A. L. O.R.; RIBEIRO, A. C. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.6, n.2, p. 299-309, 2007.

PEDRANCINI, V. D. **A organização do ensino de biologia e o desenvolvimento do pensamento conceitual**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. In. **Caderno brasileiro de ensino de física** Nº 1. Universidade Federal de Santa Catarina, SC. Abril de 2002.

Romano, G.; Michell, P.; Pacilio, C.; & Giordano, A.; Latest development in gene transfer technology: achievements, perspectives, and controversies over therapeutic applications. **Stem Cells**.18:19-39. 2000.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, 2005.

SCHWAB, J. J. **Convites ao Raciocínio**. Brasil, FUNBEC-CECISP, 1972.

SILVEIRA, R. V. M. da. **Como os estudantes do ensino médio relacionam os conceitos de localização e organização do material genético?** 2003. Dissertação

(mestrado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

VERCESI, Anibal E.; RAVAGNANI, Felipe G.; DI CIERO, Luciana. Uso de ingredientes provenientes de OGM em rações e seu impacto na produção de alimentos de origem animal para humanos. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 38, n. spe, July 2009.

VERGNAUD, G. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**, Porto Alegre, Nº 4: 9-19. 1996.

WILKIE, T. **Projeto Genoma Humano: um conhecimento perigoso**. Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 1994.

XAVIER, M. C.; FREIRE A. S.; MORAES, M.O. A introdução dos conceitos de Biologia Molecular e Biotecnologia no Ensino de Genética no Nível Médio: há espaço para a nova Biologia? In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências** 5, Bauru: Abrapec, 2005.

ZATZ, M. Biossegurança e as pesquisas com células tronco. **Revista Jurídica Consulex**. Brasília, ano VIII n. 180, p. 23. jul. 2004.